



REC'D 24 JUL 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 16 475.4

Anmeldetag: 12. April 2002

Anmelder/Inhaber: Professor Dr.-Ing. Robert M a s s e n , Öhningen/DE

Bezeichnung: Optische Erfassung der Raumform von Innenräumen

IPC: G 01 B, G 01 C, A 61 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

14/01hmojg

Zusammenfassung

Es wird ein preisgünstiges Verfahren zur Erfassung der Raumform von Innenräumen wie z.B. Schuhwerk, Prothesenrichter usw. beschrieben. Hierzu wird die Innenwand des Innenraums mit einem eng anliegenden, elastischen und photogrammetrisch markierten Überzug ausgekleidet, mit einem oder mehreren Bildgeber eine Serie sich überlappenden Aufnahmen des so markierten Innenraums erstellt und hieraus mit photogrammetrischen Verfahren die 3D Form des Innenraums ermittelt. Die Erfindung beschreibt verschiedene Verfahren der Auskleidung des Innenraums, der Führung der Bildgeber in die verschiedenen Aufnahmepositionen und der Art der ausmessbaren Innenräume.

Patentanmeldung

Optische Erfassung der Raumform von Innenräumen

Erfinder: Prof. Dr. Ing. Robert Massen Am Rebberg 29 D-78337 Öhningen
Anmelder: ist der Erfinder

Für die Herstellung von an den menschlichen Körper angepassten Produkten wie Bekleidung, Schuhwerk, orthopädische Artikel wie Orthesen und Prothesen ist es oft erforderlich, die dreidimensionale Raumform dieses Körpers oder Körperteils zu erfassen. Hierfür sind unterschiedliche optische Abtastverfahren bekannt, von aufwendigen Laser-Triangulationsverfahren bis hin zu Streifenprojektionssystemen. Insbesondere ist ein kostengünstiges photogrammetrisches Verfahren bekannt, bei welchem das zu digitalisierende Körperteil mit einem markierten, elastischen Überzug bekleidet wird, aus verschiedenen, sich überlappenden Aufnahmepositionen mit einer oder mehreren 2D Kameras aufgenommen wird und durch eine automatische photogrammetrische Auswertung dieser Ansichten ein 3D Modell dieses Körperteils ermittelt wird (Robert Massen: Verfahren und Anordnung zur Erfassung der Raumform von Körpern und Körperteilen, EP 0 760 622)

Bei der Herstellung von am Körper eng anliegenden Produkten wie Schuhe, Handschuhe, Prothesenstümpfe u.ä. stimmt die Raumform des Produktes nicht direkt mit der Raumform des Körperteils überein. So ist z.B. der zur Anfertigung eines Maßschuhs benötigte Leisten wesentlich schmaler als der dazu gehörige Fuß, da der mit Hilfe des Leistens gefertigte Schuh den Fuß etwas komprimieren und formen muss, um einen gute Passform zu ergeben. Dieser Unterschied in der Raumform des Leistens zur Raumform des Fusses lässt sich heute noch nicht analytisch berechnen. Ähnlich schwierige Verhältnisse gelten auch für maßgefertigte Prothesentrichter zur Aufnahme der Gliedstümpfe. Oft erfordern daher diese mit Hilfe von 3D Abtastdaten des Körperteils produzierten Maßanfertigungen trotzdem noch eine aufwendige, mehrfach wiederholte Nacharbeiten, um endlich auf die passende Raumform zu kommen.

Es sind auf der anderen Seite oft solche passenden Produkte bereits vorhanden, z.B. ein bereits eingelaufener und gut passender Schuh, Handschuh, Prothesenteil usw.. Wenn die Raumform dieses Produktes bekannt wäre, hätte der Produzent diejenigen 3D Daten zur Verfügung, mit denen er ein sofort passendes Produkt herstellen könnte. Leider hat es bisher keine funktionierenden und kostengünstigen Verfahren zu optischen 3D Erfassung des Innenraums solcher oft hüllförmigen Produkte gegeben. Zwar ist es bekannt, mit 3D Endoskopen Innenräume mit Verfahren der Stereotechnik oder der Streifenprojektion zu digitalisieren; allerdings sind diese Verfahren aufwendig und verlangen eine feste Einspannung von zu digitalisierendem Objekt und den endoskopischen Systemen, um die einzelnen 3D Ansichten zu einem vollständigen Modell vereinigen zu können. Diese Einspannung sowie die Forderung, jeweils die genaue 3-dimensionale Aufnahmeposition des endoskopischen Systems in Bezug auf den Innenraum zu kennen, verteuert und erschwert erheblich die Anwendung dieser Verfahren und stellt sie daher ausserhalb der Möglichkeiten eines orthopädischen Fachgeschäftes oder des Schuhhandels.

Es besteht daher ein Bedarf nach einem kostengünstigen und einfachem System zur Erfassung der Raumform von Innenräumen von Produkten, insbesondere von solchen, welche an die Form eines Körperteils angepasst sind.

Mas-2-

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass in einem ersten Schritt der zu erfassende Innenraum mit einem dünnen, eng an die innere Raumform anliegenden Überzug ausgekleidet wird, welche zum Innenraum hin mit photogrammetrisch auswertbaren Marken versehen ist, dass in einem zweiten Schritt mit Hilfe eines oder mehreren in den Innenraum eingeführten Bildgebern eine Reihe sich überlappender 2D Aufnahmen des markierten Überzugs angefertigt werden und dass in einem dritten Schritt mit Hilfe photogrammetrischer Methoden aus diesen Aufnahmen die 3D Raumform des Innenraums erstellt wird.

Dieses Verfahren wird beispielhaft dargestellt an der Erfassung der inneren Raumform von Schuhwerk im Rahmen der Herstellung von gut passenden Schuhen. Diese Beschreibung ist beispielhaft zu verstehen und schränkt die Anwendung des Erfindungsgedanken auf die Erfassung der Raumform anderer Innenräume, auch solche technischer Natur, in keiner Weise ein.

Fig. 1 zeigt beispielhaft, wie der Innenraum eines Schuhs -1- mit einer dünnen eng anliegenden Hülle -2- bekleidet wird, welche auf der zum Innenraum zeigenden Oberfläche mit photogrammetrisch auswertbaren Marken -3- gekennzeichnet ist. Dies kann beispielhaft dadurch geschehen, dass ein elastischer, markierter Strumpf so gewendet wird, dass die Markierung auf die Innenseite zu liegen kommt. Die Aussenseite des gewendeten Strumpfes wird mit einem leichten Sprühkleber besprüht. Danach wird der Strumpf z.B. mit Hilfe eines aufblasbaren Ballons in das Schuhinnere geschoben und durch den aufgeblasenen Ballon an die Innenseite des Schuhs gedrückt und dort mit Hilfe des Klebers an der Innenwand fixiert. Danach wird der Ballon entleert und entfernt. Der Schuh ist jetzt im Innern mit einer dünnen Haut ausgekleidet, welche photogrammetrisch auswertbare Marken aufzeigt.

Der markierte Strumpf kann ebenfalls dadurch in das Schuhinnere gebracht werden, in dem der Fuß des Schuhbesitzers mit dem gewendeten Strumpf bekleidet wird, von aussen mit einem Sprühkleber belegt wird und dann der Schuh angezogen wird. Sobald der Sprühkleber haftet, wird der nackte Fuss aus dem Strumpf/Schuh heraus gezogen. Falls erforderlich kann der Fuss vorher mit einem Gleitmittel versehen werden, damit er besser aus dem Strumpf schlüpft. Dies sind nur zwei beispielhafte Auslegungen, um einen Innenraum mit einer dünnen, photogrammetrisch markierten Hülle zu bekleiden.

Fig. 2 verdeutlicht den zweiten Verfahrensschritt. Es wird eine Miniaturkamera -1- in den ausgekleideten Schuh -2- eingeführt und aus beliebigen Raumpositionen wird eine Anzahl sich überlappender Bilder erstellt, welche den gesamten oder auch nur den interessierenden Teil des Innenraums abdecken. Die genaue Raumposition und Orientierung der Kamera braucht dabei nicht bekannt zu sein. Erfindungsgemäss wird die Miniaturkamera durch mehrere gefederte Rollen -3- in etwa zentrisch geführt und per Hand von der Aufnahme position in der Schuhspitze bis in den Schuhschaft anhand des flexiblen Kabels -4- herausgezogen währenddessen sich überlappende Aufnahmen der Innenwand erstellt werden. Die Kamera kann automatisch oder manuell über durch das Führungskabel laufende Steuerungselemente so geneigt und gedreht werden, so dass sich überlappende Aufnahmen des Innenraums erstellt werden.

Mas-3-

Es ist ein weiterer, in Fig. 3 verdeutlichter Erfindungsgedanke, dass sich hierbei die geneigte Kamera -1- um eine Achse -2- so dreht, dass fortlaufend streifenförmige Panoramaansichten des Innenraums erstellt werden, wobei diese Ansichten sich sowohl radial wie axial überlappen.

Ein weiterer Erfindungsgedanke ist es, dass die Kamera eine Videokamera ist, welche fortlaufend Bildsequenzen aus sich überlappenden Einzelansichten erstellt.

Erfindungsgemäß kann die panoramische Sicht des Innenraums nach Fig. 4 auch dadurch erreicht werden, dass der Innenraum in einem radialen Streifen über einen Kragenspiegel -1- auf den Bildsensor -2- abgebildet wird und dass nach jeder Aufnahme die Einheit Kragenspiegel - Bildsensor so axial verschoben wird, dass sich diese Panoramaaufnahmen axial überlappen.

Selbstverständlich kann sich der Bildgeber auch ausserhalb des Innenraums befinden und die Aufnahmen des Innenraumes über ein endoskopische System aus lichtleitenden Fasern, Stablinsen oder Spiegel zur Kamera geleitet werden.

Im dritten Schritt wird anhand der Sequenz der Bilder des markierten Innenraums mit Hilfe photogrammetrischer Verfahren die 3D Raum des Innenraums berechnet. Solche Verfahren können automatisch ausgeführt werden und sind z.B. in den folgenden Schutzrechten beschrieben:

1. Robert Massen, Verfahren und Anordnung zur photogrammetrischen Erfassung der Raumform eines Objektes, PCT/EP01/05935
2. Robert Massen, Verfahren und Anordnung zur photogrammetrischen Erfassung der Raumform eines Objektes, PCT/EP02/02875

Das erfindungsgemäße Verfahren gilt für alle Innenräume, welche mit einem eng anliegenden, photogrammetrisch auswertbarem markierten Überzug ausgekleidet werden können. Dies können auch Körperöffnungen wie z.B. der Gehörgang sein, um die 3D-Form für die Herstellung einer Hörhilfe zu gewinnen.

Der Erfindungsgedanke ist nicht auf biologische Körper beschränkt sondern kann ebenso auf technische Innenräume, welche entsprechend markiert werden können, angewandt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur optischen Erfassung der Raumform von Innenräumen, dadurch gekennzeichnet dass
der Innenraum mit einem eng an der Innenwand anliegenden und zum Rauminnern hin mit photogrammetrisch auswertbaren Marken markierten elastischen Überzug versehen wird, dass mit Hilfe einer oder mehrerer Bildgeber eine Reihe sich überlappender Bildaufnahmen des so markierten Innenraums erstellt werden, dass mit Verfahren der Photogrammetrie aus diesen Aufnahmen die drei-dimensionale Raumform für denjenigen Teil des Innenraums ermittelt wird, welcher von den sich überlappenden Aufnahmen erfasst wurde.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass
der markierte Überzug auf der der Innenwand zugewiesenen Seite vor dem Einführen in den Innenraum mit einem an der Innenwand haftenden Mittel versehen wird
3. Verfahren nach Anspruch 1 bis 2 dadurch gekennzeichnet dass
der markierte Überzug mit Hilfe einer aufblasbaren Form in den Innenraum geführt und dort durch den Druck der Form so an die Innenwand des zu erfassenden Innenraums gedrückt wird, dass er an der Innenwand eng anliegt und dass anschliessend die Form entleert und wieder entfernt wird, um Platz für die Einführung eines oder mehrerer Bildgeber zu schaffen.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet dass
der Innenraum das Innere eines Produktes bildet, welches sich während des Gebrauchs in Kontakt zum menschlichen Körper befindet
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet dass
dass der Innenraum das Innere eines Schuhwerks ist
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
der Innenraum das Innere eines Prothesentrichters zur Aufnahme eines Gliedstumpfes ist
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet dass
der Innenraum das Innere einer Körperöffnung ist
8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet,
dass der Bildgeber eine Videokamera ist und die sich überlappenden Bildaufnahmen des Innenraums in Form einer oder mehrerer Videosequenzen aufgenommen werden

MasAnspr-2-

9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 und 8, dadurch gekennzeichnet dass
der oder die Bildgeber axial rotieren und nacheinander sich sowohl axial als radial
überlappenden Aufnahmen des markierten Innenraums aufnehmen
10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet dass
dass der oder die Bildgeber im Innern des Innenraums in die verschiedenen, sich
überlappenden Aufnahmepositionen gebracht werden
11. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet,
dass der Innenraum radial streifenförmig über einen Kragenspiegel auf den Bildgeber
abgebildet wird
12. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet dass
der oder die Bildgeber durch Abstandshalter im Innenraum geführt werden
13. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet dass
die sich überlappenden Bildfelder aus dem Innenraum über ein endoskopisches System
zu einem oder mehreren sich ausserhalb des Innenraums befindlichen Bildgebern geleitet
werden
14. Anordnung zur Durchführung der Verfahren 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet,
dass ein drei-dimensional abzutastender Innenraum mit einer photogrammetrisch markierten
dünnen Haut ausgekleidet wird, dass ein oder mehrere Bildgeber so durch den Innenraum
geführt werden, dass sie überlappende Bildaufnahmen der markierten dünnen Haut
aufnehmen, dass diese Bildsequenzen in einen Rechner übertragen werden, dass mit einem
Bildverarbeitungsprogramm aus den Bildern Listen homologer Marken gebildet werden und
dass mit einem photogrammetrischen Programm aus den Listen homologer Marken die 3D
Koordinaten des Innenraums an den Stellen dieser Marken berechnet werden.
15. Anordnung nach Anspruch 14 dadurch gekennzeichnet,
dass die dünnen Haut ein elastisches Gestrücke oder Gewebe ist
-

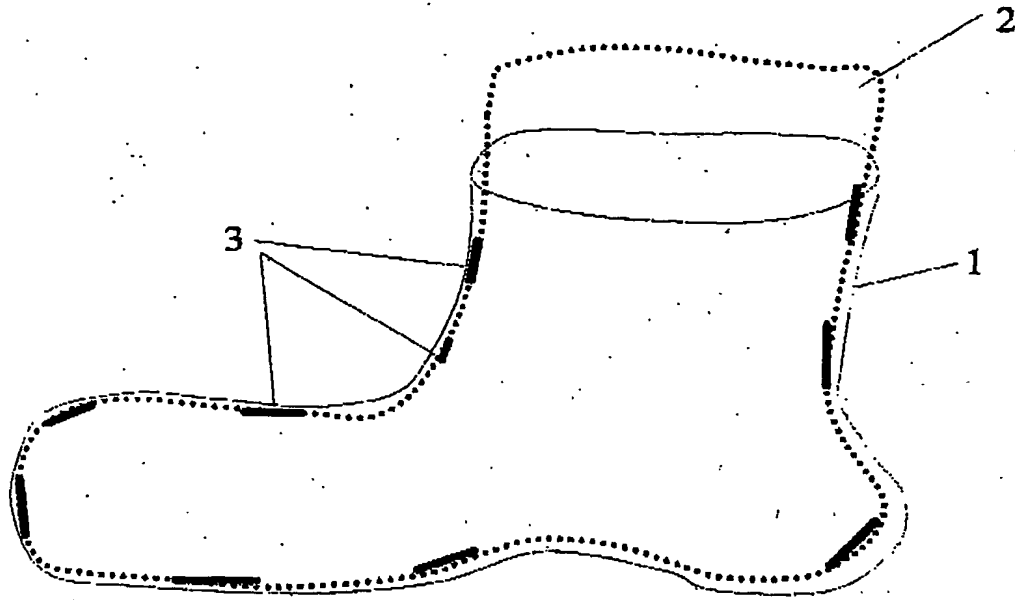


Fig. 1

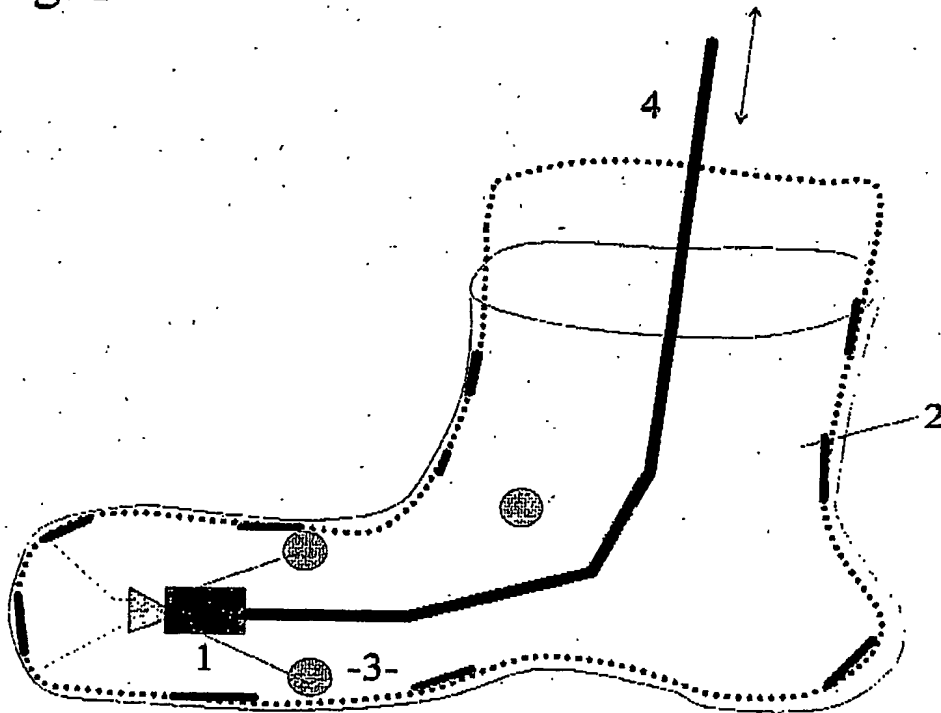


Fig. 2

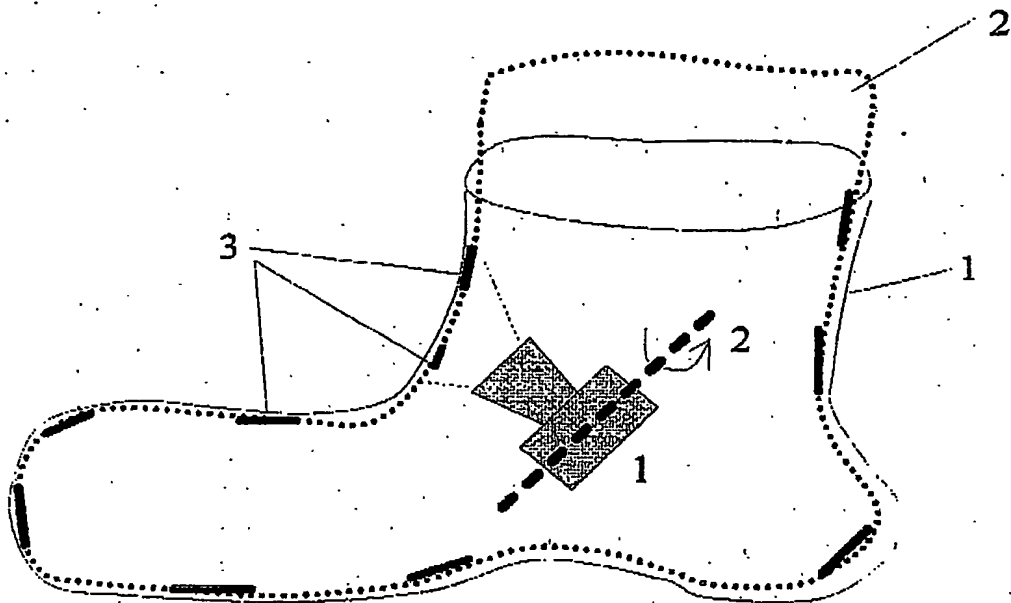


Fig. 3

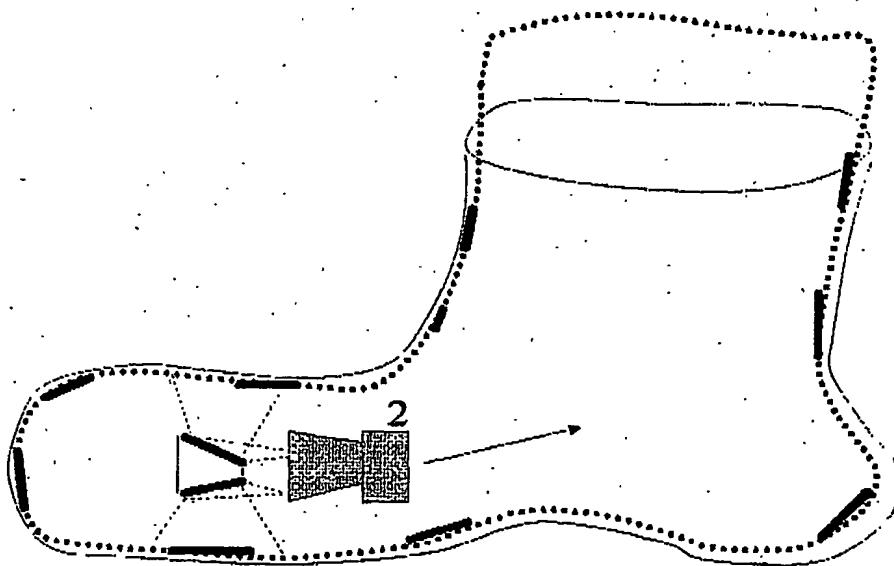


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.